Energiewende - nun aber richtig

Wir schreiben das Jahr 2020. Die Energiewende hat bisher etwa 1 Billion Euro gekostet. Manche sagen dazu „Investition". Der CO2 Ausstoß wurde kaum beeinflusst, das Klima schon gar nicht. Wegen des Atomausstiegs wird mehr Kohle verstromt. Ökostromkapazitäten haben fast die gleiche Grösse wie die Kohlekraftwerke – bei Dunkelflaute leisten sie gar nichts. Im Ausland sind wir nicht mehr die Klimaschützer, sondern eher Träumer und Schmutzfinken. In finanzieller Sicht sind wir bei den höchsten Strompreisen der Erde. Hunderttausenden wird jedes Jahr der Strom gesperrt, weil sie ihn nicht bezahlen können. Unternehmen haben ihre Werke in andere Länder verlegt. Unbekannt sind die gar nicht erst getätigten Investitionen. Eine gigantische Umverteilung von unten nach oben ist im Gange. Ein Minister schätzt, noch eine Billion sei erforderlich. Ein anderer sah die Energiewende schon als gescheitert. Um die Klimakanzlerin wurde es ruhig. Dennoch gibt es einen Weg, die Wende zu erreichen. Er ist lang, weil wir die grüne Atomenergie 40 Jahre vernachlässigt haben. In China hat man die Stafette aufgegriffen. Wir können sie weiter führen, auch in unserem Land.



Jochen K. Michels hat sich als freier Autor mit allen Aspekten dieser speziellen Technik zur Nutzung der Kernenergie vertraut gemacht. Den wenigen noch lebenden Kennern dankt er viele inhaltsreiche Gespräche. Auf www.gaufrei.de verfolgt er die chinesischen Fortschritte beim 1.außerdeutschen Bau eines großen Doppelreaktors in der Provinz Shandong.



978-620-2-22575-5

Energiewende - nun aber richtig !

Michels



Jochen K. Michels

Energiewende - nun aber richtig

Wie der Kugelbett-Ofen die Energiewende doch noch zum Erfolg machen kann

AkademikerVerlag

Jochen K. Michels

Energiewende - nun aber richtig

Jochen K. Michels

Energiewende - nun aber richtig

Wie der Kugelbett-Ofen die Energiewende doch noch zum Erfolg machen kann



AV Akademikerverlag

Imprint

Cover image: www.ingimage.com

Publisher:
AV Akademikerverlag
is a trademark of
International Book Market Service Ltd., member of OmniScriptum Publishing Group
17 Meldrum Street, Beau Bassin 71504, Mauritius
Printed at: see last page
ISBN: 978-620-2-22575-5

Jochen K. Michels

Energiewende -

nun aber richtig!

wie der Kugelbett-Ofen die Energiewende doch noch zum Erfolg machen kann

Stand Mai 2020

Kernenergie

ohne GAU ?

ohne Endlager ?

wie es geht !

Zusammengestellt und erläutert durch:
Jochen Michels
Dipl.-Wi.-Ing, Unternehmensberatung
Konrad-Adenauer-Ring 74, D-41464 Neuss
jochen.michels@jomi1.com
www.gaufrei.de
www.BioKernSprit.org

verschiedentlich wird auf die 1. Auflage des Buches
BioKernSprit ISBN 978-3-8381-2248-9
verwiesen, in der viele hier zitierte Dokumente und Quellen ausfürhicher enthalten sind

Der Kernreaktor mit Kugelbett-Technik

Grundgedanken

Wenn man die folgende Geschichte mit einigem Abstand auf sich wirken lässt, wird manchem klar werden, dass es sich um Gegensätze und Kämpfe handelt, die die Menschheit seit ihrem Beginn begleiten. Einerseits Stolz, Macht und Größenwahn, anderseits Dienen, Demut, Maßhalten. Noch weitere Begriffspaare entsprechen dem:

- Starrheit statt Besonnenheit,
- Mainstream statt Ideen
- Schlaffheit statt Tatkraft
- Stur statt beweglich
- und viele mehr …

In diesem Bericht ist Energie die Plattform für diese Gegensätze. Ein Lebenselement, das die Menschen seit Entdeckung des Feuers begleitet. Energie in der Form von Holz, Kohle, Gas und Öl ermöglicht Wärme, Licht und Mobilität seit dem 19. Jh. für die Menschen und die damals neu entstehende Industrie bis heute. In ihrer edelsten Form als Elektrizität wurde sie in den letzten Jahrzehnten immer mehr zu einem Element der Daseinsvorsorge. „Strom kommt sowieso ins Haus – Nutz das aus!“ warb die Berliner BEWAG in den 1960er Jahren. Als Vehikel für die Informations- und Wissensgesellschaft gewinnt sie im 21. Jh. noch eine zusätzliche - unverzichtbare - Dimension.

Doch die molekulare Verbrennungs-Energie wird absehbar in einigen Jahrzehnten zu Ende sein. Auch ganz ohne Umwelt-Rücksichten werden die Jahrmillionen alten Ressourcen aufgebraucht sein. Neben unsteter Sonne und wechselhaftem Wind wird eine verlässliche Quelle benötigt. Dies kann nur die

Atomkraft sein. Heute scheint sie uns für Jahrhunderte unerschöpflich, wenn auch nicht leicht zu bändigen.

Wie auch bei Kohle und Öl stehen sich die oben genannten Gegensätze auch bei der Kernenergie ganz konkret gegenüber:

- hie zentrale Großversorger mit hierarchisch verästelten Netzen und abhängigen Verbrauchern.
- dort regionale, örtliche und individuelle Versorger, nah an Bürger und Industrie, subsidiär kontrolliert.

In den 1920-er Jahren erkannte Dipl.-Ing. Franz Ferrari, damals Direktor bei AEG in Berlin, dieses Problem und schlug die Universal-Blockstation für das Umland vor. Er hatte die dicht gedrängten Hinterhöfe der Berliner Arbeiterviertel gesehen. Er arbeitete im Wedding. Ihre Abhängigkeit von zentraler Energieversorgung behinderte das Aussiedeln nach Brandenburg. Zur gleichen Zeit fragte Konrad Adenauer als Kölner Oberbürgermeister „Warum soll der Großstädter ein Höhlenbewohner sein, in dessen Mauern Sonnenaufgang und Sonnenuntergang, der weite Horizont des Himmels, das Sternenmeer, das Wachsen, Blühen und Welken der Natur, der Erdgeruch nicht mehr zu sehen, zu spüren ist!“. Er vollendete den Grüngürtel und damit eine Entzerrung der engen Innenstadt.

Diese Schrift zeigt einige Personen die unablässig versuchten, die bestehenden Strukturen der Energieversorgung zu „demokratisieren“. Nicht nur durch Anordnungen und Gesetze, sondern auch durch zukunftsweisende Technik soll Strom und Wärme an vielen Stellen erzeugt werden. Die zentrale Großversorgung kann dann auf die ganz schwere Industrie begrenzt bleiben. Das ganze Netz wird leichter und weniger anfällig. Ausfälle von Erzeugern können leichter von Nachbarn ausgeglichen werden. Blackouts sind damit von vorneherein räumlich leichter zu begrenzen. Dass dies mit Verlust

Geleitwort

Die wirtschaftliche Entwicklung ist ohne Energie nicht denkbar. Die Energieversorgung der Zukunft muss jedoch folgende Probleme gleichzeitig lösen:

Die Weltbevölkerung und ihre wirtschaftliche Entwicklung steigen und damit der Energiebedarf, gleichzeitig soll die Versorgung mit Energie jedoch zuverlässig, umweltschonend, nachhaltig und effizient sein und natürlich in ausreichenden Mengen preisgünstig zur Verfügung stehen.

Dies zu verwirklichen entspricht einer wirtschaftlichen Revolution und beeinflusst alle Bereiche des Lebens. Wir müssen alle umdenken, sparsamer mit Energie umgehen und die F&E Arbeiten erheblich intensivieren, um schnelle Fortschritte zu erzielen. Der Kugelbett-Ofen gewährt die Möglichkeit, kostengünstig und umweltfreundlich Prozesswärme mit hohen Temperaturen zur Verfügung zu stellen, die ein breites Spektrum von Anwendungen eröffnet, u.a. die Erzeugung von Wasserstoff. Wasserstoff wird – aus heutiger Sicht – eine ganz wesentliche Rolle bei der zukünftigen Energieversorgung spielen; eine Energiewende, die die Nutzung des Wasserstoffes als einen wesentlichen Bestandteil einschließt, kann Aussichten auf Erfolg haben.Eine sichere zukünftige Energieversorgung kann nur gelingen, wenn man nicht ideologisch verbohrt, sondern technikfreundlich und sachlich an die Probleme herangeht.

Dieses Buch ist ein Beitrag in diese Richtung und ich wünsche dem Verfasser ein großes Interesse an dem Buch.

Prof. Dr. Peter Kausch

Zum Geleit

Vor ca. 50 Jahren war es das Genie von Professor Dr. Rudolf Schulten und die Einsicht von 15 Stadtwerken, die den GAU vorausschauend eindämmen wollten. Er ließ für die Konstruktion der Kugelbett-Öfen ausschließlich keramische Einbauten zu. Sie werden im Gegensatz zu den Meilern kontinuierlich von oben beladen und ebenso kontinuierlich nach unten entsorgt. Und sie können vor allem mit Thorium beschickt werden. Auch für die Endlagerung wurden keramisch verkapselte Panzerkörner mit einer Haltbarkeit für Millionen Jahre vorgesehen. Seit 1960 haben wir in Aachen und Jülich mit größten Erfolgen an den Kernreaktoren der vierten Generation geplant und gearbeitet.

In Deutschland kam es dann zu der Meinung, die in Amerika entwickelten Leichtwasserreaktoren seien sicher genug. Das aber hat sich im Laufe der Jahrzehnte als Irrtum erwiesen. Denn die Menschheit kann es sich nicht länger leisten, die Kernreaktoren mit großen Restrisiken beliebig zu vermehren.

Die Errungenschaften von Jülich sind bei uns von Anfang an verdrängt worden. Derzeit herrscht dazu bei uns noch immer eine Schweigespirale.

Die chinesischen Erfolge mit dem HT- Kugelbett- Ofen haben nun auch in Amerika eine Wende in der Erkenntnis gefördert. Wir brauchen in der Zukunft große Wasserstoffindustrien um hocheffiziente mobile Energiespeicher zu bekommen. Mit Hilfe von Kugelbettöfen, am besten mit Thorium befeuert, geht das am sichersten und schnellsten. Und eine Fülle von Wasserstoff kommt auch den nachwachsenden Brennstoffen und anderen erneuerbaren Energiequellen zugute. Durch Wasserstoffträger wie Ethanol, Methanol und Butanol können schon mittelfristig die notwendigen Energiespeicher entstehen. Der Weg für eine wachsende Menschheit ist frei.

Hermann Josef Werhahn

INHALT

Danksagung

Diese Schrift will Fachleute und Entscheider motivieren, das Nötige zu tun, damit unsere Energieversorgung sicherer wird. Danken möchte ich den vielen Personen, die am Kugelbett-Verfahren mitgearbeitet haben und mir bereitwillig Informationen mitgeteilt und Zusammenhänge gedeutet haben. Zur Hilfe kam auch das Internet, Wikipedia und viele einschlägige Websites – sowie Verbände und Institutionen wie Greenpeace, Atomforum, Kerntechnische Gesellschaft, halbstaatliche oder freie Agenturen. Auch Unternehmen, wissenschaftliche und europäische Institute, Professoren, Wissenschaftler und Ingenieure ließen mir freigiebig ihre Erkenntnisse zukommen. Folgende darf ich nennen:

Dipl.-Ing. Hartmut Bode
Dr. Helmut Böttiger
Dr. Urban Cleve
Dr. Günther Dietrich
Prof. Dr. Yujie Dong
Dipl.-Ing. Franz Ferrari †
Dipl.-Kfm. Gregor Gielen
Dr. Klaus J. Hoss
Prof. Dr. Ing. Vollrath Hopp †
Dr. Albert Kerber
Prof. Dr. Jürgen Knorr
Dr. Ludwig Lindner †

Prof. Dr. Günter Lohnert
Prof. Dr. Herbert Mataré †
Prof. Dr. Georg Menges
Dipl.-Ing. Thomas Michels
Prof. Dr. Wolfg. Ockenfels OP
Frank Umbach
Dr. Stefan Schaffner
Hans-Friedrich Schmeding
Dr. Sigurd Schulien
Michael Wefers
Mr. Zhang Jiagiang
Markus Mirgeler

sowie Mitarbeiter der folgenden und anderer Institutionen:
www.buerger-fuer-technik.de - www.energie-fakten.de
Informationskreis Kern-Energie – Öffentlichkeitsarbeit
Braunkohle-Forum

Darüber hinaus haben zahlreiche weitere Personen und Institutionen geholfen, möchten aber nicht namentlich genannt werden. Ihnen allen gebührt mein aufrichtiger Dank!

Jochen Michels

1 Anlass und Aufgabe

Anfang 2020 tritt die „Energiewende“ zwar hinter der Corona Pandemie etwas zurück. Doch auch die Klimaschützer melden sich wieder und fordern Schutz des Planeten. Die Skeptiker dagegen gewinnen auch an Beachtung. Sie glauben, dass der Mensch zwar stellenweise die Luft stark schädigt. Das gesamte Klima sei aber doch stärker von natürlichen Einflüssen (z.B. der Sonne) beeinflusst. Manche schätzen den Anspruch des Menschen, das Schöpfungswerk „retten“ zu können, als überheblich ein. Konkret:

- hat die Energiewende trotz Billionenaufwand die versprochene CO2 Minderung nicht erbracht.
- hat Kohleverstromung zugenommen, weil Kernkraft reduziert wurde
- denkt man dennoch, diese wirkungsschwache Technik müsse mit noch mehr Geld verstärkt werden.
- meinen manche, Deutschland müsse seine Zukunft eher im Verzicht, denn als Industrieland sehen
- bereiten Nachbarländer vor, uns mit Atomstrom zu beliefern
- sollen Öl und Gas aus menschenrechts-schwachen Ländern uns in noch größere Abhängigkeit nehmen
- verlängern viele Ländern (u.a. USA, Schweiz, Großbritannien) die Laufzeiten bestehender KKW
- baut man fast nur Wasser-Reaktoren mit riesigen „Rest“-Risiken
- setzen China mit dem HTR-PM und die USA mit ersten DOD-Aufträgen für TRISO Mini-Reaktoren auf inhärente Sicherheit.

In diesem sehr ungleichen Interessen-Szenarium soll hier die 2. Auflage dieses Buches den Mittelweg aufzeigen. Kernenergie wird als willkommene Kraft für die Weiterentwicklung der Menschheit anerkannt. Übertreibungen und Fehlleitungen sollen durch Mäßigung vermieden werden. Statt altius, citius, fortius steht naturgegebene Sicherheit ganz oben an. Sie

Ob die erste Realisierung dieses Vorschlages bei uns oder im Ausland (China, USA) stattfindet, ist nicht entscheidend. Schon oft wurden große deutsche Erfindungen zuerst im Ausland umgesetzt.

Da für die meisten Details auf frei verfügbares Material zurückgegriffen wird, liegt unser Schwerpunkt auf der Recherche, Ordnung und Deutung des Materials. Die finanziellen und wirtschaftlichen Berechnungen entspringen eigener Überlegung. Alles wurde auf den Websites www.biokernsprit.org und www.gaufrei.de, sowie in Rundschreiben, Büchern, Workshops und Vorträgen, vorgestellt. Seit Jahren ist ein Preis ausgesetzt für jeden der in unseren Darstellungen und Berechnungen massive Fehler findet. Dass dies bisher nicht eintraf, bestärkt die Auffassung, den richtigen Weg aufzuzeigen. [1]

Weiterhin aber begrüße ich jeden Beitrag in Form von Korrekturen, Ergänzungen und Richtigstellungen – per mail an jochen.michels@jomi1.com.

1.1 Die Energiewende

Am 8. Oktober 2012 fand in Düsseldorf die Regionalkonferenz der CDU mit der Bundeskanzlerin ***Frau Dr. Angela***

[1] Fremde Urheberrechte oder Copyrights zu verletzen, ist nicht beabsichtigt. Alle Website- oder sonstige mögliche Rechte-Inhaber wurden schon 2009 und wie folgt im Dezember 2010 angeschrieben. „…… In Kürze wird die Broschüre „Umsteigen statt Aussteigen" mit der kompletten Dokumentations-Sammlung als Buch erscheinen. In dieser Sammlung befinden sich auch Texte und Bilder, die im Internet veröffentlicht oder mir persönlich übergeben wurden. Oft sind Institutionen, Verbände oder Firmen die Website-Betreiber. Die persönliche Urheberschaft ist dann nicht eindeutig zu erkennen. Daher bitte ich Sie, mir umgehend mitzuteilen, falls Sie Bedenken gegen eine ordnungsmäßig zitierte Veröffentlichung haben. Gerne sende ich Ihnen dann zur Genehmigung die entsprechenden Stellen. Ansonsten gehe ich davon aus, dass Sie keine Einwände gegen eine Veröffentlichung im Rahmen des Buches haben…" Die darauf eintreffenden Hinweise wurden berücksichtigt.

Die Chancen der Jülicher Hochtemperatur (Kugelbett) Technik wurden mit keiner Silbe erwähnt. Offenbar wollte die Kanzlerin andere Erkenntnisse nicht aufnehmen, **selbst wenn diese ihre Richtung unterstützen**. Man kann nur rätseln, weshalb sie das tat. Die Wahl in Stuttgart ging trotzdem zu Lasten der CDU aus.

Was folgt daraus: erst wenn die Energie richtig teuer wird, kann man auf Einsicht und Druck von unten hoffen. Diese Zeit gilt es zu überbrücken.

Dieses Buch soll dazu einen Beitrag leisten, in dem die wichtigsten Zusammenhänge und Fakten dargestellt sind, in die der Kugelbett-Ofen platziert werden soll.

1.2 Vorurteile

Will man dieses Buch lesen, muss man sich zuallererst von verbreiteten Annahmen, Ängsten oder auch Vorurteilen lösen:

- radioaktive Strahlung sei in jeder Dosis schädlich
- solcherart Strahlung sei prinzipiell unbeherrschbar
- Wissenschaftler seien eitel nur ihrem Fach verpflichtet
- Techniker seien engstirnige Spezialisten
- Unternehmer seien gewissenlos und profitgierig
- Energieversorger müssten große Konzerne sein
- geniale Technik sei vom Reißbrett an sofort einsatzfähig
- aus Fehlern könne man nicht lernen
- eine Lernkurve gäbe es nicht
- unser Leben sei ohne jedes Risiko zu führen
- Unfälle seien grundsätzlich immer vermeidbar

Stattdessen muss man auch hier immer abwägen zwischen dem Schaden und Nutzen hoher Energiepreise, zwischen den verschiedenen Arten der Energieerzeugung und ihren je spezifischen Folgen.

- gerade in unserem Land auf sichere und stetige Stromversorgung angewiesen sind.
- auch Verkehr, Krankenhäusern, Banken, Börsen und Behörden zuverlässig mit Energie versorgen müssen
- selbst für die Freizeit eine sichere Stromversorgung benötigen: Fußballstadien könnten ohne diese Verlässlichkeit nur noch bei Tageslicht in Betrieb sein
- auch den Netzausbau mit vielen Milliarden erst einmal schaffen müssen, mit großen Risiken
- mit zu hohen Energiepreisen Industrien aus dem Land vertreiben – also subventionieren müssen
- die Kosten für all dies dem kleinen Verbraucher aufbürden müssen.

Der Kugelbett-Ofen ist ein Kernreaktor, der viele Vorteile der heute verbreiteten Reaktoren besitzt, deren entscheidende Nachteile aber nicht hat. Es gibt keine Kernschmelze, keinen größten anzunehmenden Unfall (GAU) und es braucht nur Abklinglager, statt Endlager. *Das klingt zu schön um wahr zu sein – werden Sie sagen.*

Entdecken wir die wichtigsten Stationen dieser genialen Kombination aus Erfindung, Entwicklung, Erprobung.

1.3 Spurensicherung

Am Anfang war es Prof. Rudolf Schulten, der die Idee von Farrington Daniels (USA) in Jülich zum Kugelbett-Reaktor (oder -Ofen) umsetzte. In der KFA (Kernforschungsanlage) Jülich baute und erforschte er an dem betriebsfähigen Forschungsreaktor AVR. Der Verfasser ist ihm nicht persönlich begegnet, hat aber mit vielen seiner Schüler und Studenten, Freunde und Bewunderer Kontakt und Austausch gepflegt.

1.3.1 Prof. Dr. Rudolf Schulten



Prof. Schulten verband nach dem Zeugnis aller seiner Schüler und Freunde, denen wir begegneten, menschliche Größe mit einer Visionskraft verbunden, die bis heute nachwirkt. Er war die geistige Triebkraft für die Entwicklung des Kugelbett-Ofens und wird von seinen Studenten und weit darüber hinaus als Vorbild weiterhin hoch geachtet und geschätzt. Das gilt nicht nur, weil sein Forschergeist bahnbrechend für die Zukunft sein sollte.

Sondern das Bild, das sich ergibt, ist auch sehr von menschlicher Größe dieses Wissenschaftlers und Lehrers geprägt. Nicht einer seiner früheren Studenten und Mitarbeiter hat jemals etwas Nachteiliges über ihn berichtet. Aber sie hegen Anerkennung, Hochachtung und Verehrung für einen

„Wir wollen ihn unseren Lesern noch einmal zugänglich machen, weil wir glauben, dass das von Prof. Schulten darin entwickelte Konzept des Hochtemperaturreaktors nicht dem "alternativen" Zeitgeist zum Opfer fallen darf. Noch zu seinen Lebzeiten hatte Prof. Schulten, der um die drohende Gefahr eines Ausstiegs aus der Kernenergie in Deutschland wusste, dafür gesorgt, dass der HTR in China (und jetzt auch in Süd-afrika) weiterentwickelt werden konnte.

Prof. Rudolf Schulten schrieb:

Die Probleme des Schutzes der Erdatmosphäre stellen die Anwendung der Kerntechnik vor neuartige Aufgaben. Die bisherigen Anlagen sind hauptsächlich für die Industrieländer geplant. errichtet Lind betrieben worden. Sie sind gekennzeichnet durch große Leistungen (1 Gigawatt und mehr) im Rahmen von großen Verbundnetzen, mit hohem und kompliziertem Aufwand für Sicherheitskomponenten. Das weltweite Klimaproblem fordert offenbar eine breitere Anwendung von Anlagen, vor allem auch in Schwellen- und Entwicklungsländern mit kleineren Leistungen. durchschaubaren Sicherheitskonzepten und geringen Kosten. Können diese Forderungen mit einer neuen Nuk1eartechnik erfüllt werden? Kann ein Sicherheitsstandard ohne die Möglichkeit einer Ausbreitung von Radioaktivität in Störfallen erreicht werden? Können adäquate Sicherheitskomponenten in diesen Ländern genügend wirtschaftlich hergestellt und betrieben werden? Kann die Brennstoffversorgung und die Endlagerung gewährleistet werden? Können nukleare Anlagen über die Stromerzeugung hinaus in dem größeren Bereich der Wärmeerzeugung des Energiemarktes eingesetzt werden? Welche Reaktortypen kommen dafür in Frage? Mit diesen Fragen will sich diese Schrift befassen.

Ein Reaktortyp wird weitgehend durch die Wahl seiner Hauptkomponenten. nämlich des Brennstoffs, des Moderators und des Wärmeübertragungsmittels. festgelegt. Diese drei

Der Moderator und seine technischen und physikalischen Eigenarten sind der Schlüssel zum sicherheitstechnischen Verhalten der Reaktortypen.

Sicherheitstechnische Überlegungen

Zunächst sei an eine besonders wichtige Sicherheitseigenschaft der Reaktoren, in denen die schnellen Neutronen durch Moderatoren abgebremst werden. erinnert. Alle Reaktoren dieser Art, richtig ausgelegt. brechen die Kettenreaktion in Störfällen selbsttätig ab. d.h. ohne Eingriffe von Menschen und Maschinen. Hier sind ausschließlich physikalische Vorgänge am Werk, die in der Eigenart der Absorption von Neutronen durch Atomkerne bedingt sind. Erhöhte Temperaturen bei Störungen lassen die Kettenreaktion durch Verlustabsorption von Neutronen verarmen. Sie wird dann zwangsläufig unterbrochen. Dieses wunderbare Geschenk der Natur solle bei allen Reaktoren als ein Grundprinzip der Sicherheit verwendet werden. Leider ist bei einigen Reaktoren von diesem Prinzip nicht Gebrauch gemacht worden. Man muss dieses als eine ausgesprochene Fehlentscheidung ansehen, die durch Umrüsten möglichst bald soweit wie möglich korrigiert werden sollte. Diese letzteren Bemerkungen betreffen nicht die kommerziellen Reaktoren in der westlichen Welt.

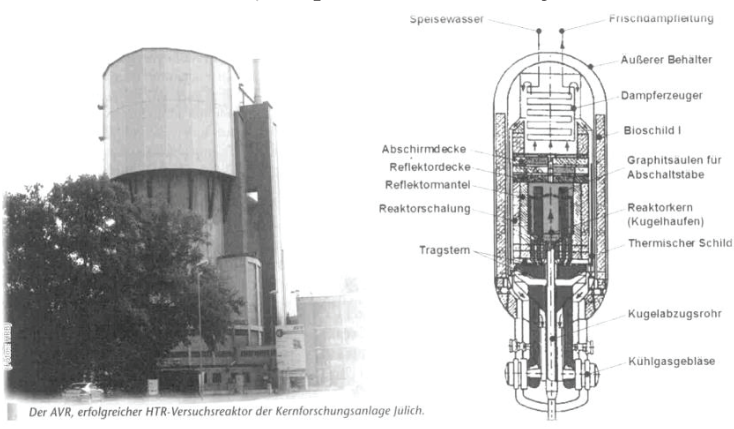
So wie in der Frage der Selbststabilisierung der Kettenreaktion hat die Art des Moderators auch für das zweite große sicherheitstechnische Problem der Reaktoren, nämlich der Nachzerfallswärme, eine ausschlaggebende Bedeutung. Nach Abschalten der Keltenreaktion wird durch den Zerfall der im Reaktor zwangsläufig vorhandenen radioaktiven Stoffe weiter Wärme mit einem Anteil von zunächst ungefähr 1% der vorausgegangenen Reaktorleistung erzeugt, der nach einigen Tagen in den Bereich von einigen Promille abfällt. Dieser Vorgang kann durch äußere Hilfsmittel nicht beeinflusst werden. In den Leichtwasserreaktoren mit Wasser als Moderator und

Anlagen gewährleistet ist. Damit könnten Kernenergieanlagen sozusagen normale Technik" werden.

Die beiden Korrosionsprobleme, bedingt durch das bei Störfallen mögliche Eindringen von Dampf und Luft in den Primärkreislauf des Hochtemperaturreaktors, können ebenso durch selbsttätige Vorgänge beherrscht werden.

Eine unzulässige Menge Dampf im Reaktorkreislauf registriert ein Feuchtigkeitsfühler im Helium-Kreislauf. Die Speisewasserpumpe und das Gebläse werden abgeschaltet. Die noch geförderte Menge von Wasser und Dampf kann im Reaktor toleriert werden.

Ein Zutritt von Luft ist nur nach einer Druckentlastung und nach einem vollständigen Ausfließen des Heliums aus dem Primärkreislauf nach vielen Stunden durch Diffusions- und Naturkonvektionsvorgänge möglich. Eine ausreichende Begrenzung ist durch den maximal möglichen Bruchquerschnitt am Behälter gegeben, der nur zu einer tolerablen Korrosion der BE ohne Freisetzung von Radioaktivität führen kann. Diese Konzeption wird entweder durch basisgesicherte Stahlbehälter oder durch Spannbetonbehälter gewährleistet.



Der AVR, erfolgreicher HTR-Versuchsreaktor der Kernforschungsanlage Julich.

werden können, mit dem die noch zulässigen Spitzentemperaturen bei Störfallen von heute 1600 bis 1800^{0}C auf voraussichtlich 2500^{0}C gesteigert werden können, ohne dass gefährliche Mengen von radioaktiven Stoffen aus den Brennelementen austreten. So kann man erwarten. dass auch für größere Leistungseinheiten die gleichen positiven sicherheitstechnischen Eigenschaften realisierbar sind.

Die Sicherheit von kerntechnischen Anlagen wird so durch selbsttätige Mechanismen verwirklicht, die eine Ausbreitung von Radioaktivität in schweren Störfällen ausschließen, indem sie naturgesetzlich bei Störfällen die Kettenreaktion abbrechen und ein unzulässiges Erhitzen des Reaktors verhindern.

Brennstoffausnutzung und Wiederaufarbeitung

Eine weitere Frage in der Diskussion um die Kernenergie war und ist die Frage, wann uransparende Maßnahmen aus Kostengründen durch die Einführung des Schnellen Brüters und die Einführung der Wiederaufarbeitung realisiert werden müssen. Heute sind die eigentlichen Uranerzkosten nur ein verschwindend kleiner Teil der Gesamtkosten der Energieerzeugung (1 Prozent). Auch bei einem Anstieg des Uranpreises. etwa um den Faktor 10, ist noch kein prohibitiver Anstieg der Kosten für die Kernenergie zu befürchten. Auf der anderen Seite weiß man aus Abschätzungen von Geologen und aus der Bergbauwissenschaft, dass bereits eine relativ geringfügige Steigerung des anlegbaren Preises für Uranerze zu einer merkbaren Vergrößerung der abbauwürdigen Uranvorräte führen kann. So stehen sich zum heutigen Zeitpunkt in der Beurteilung zwei Parteien gegenüber. Ein einheitliches Urteil, ob die Uranvorräte pessimistisch gesprochen nur etwa 50 Jahre ohne Brüter und ohne Wiederaufarbeitung verwendet werden können oder für eine längere Zeit, ist heute noch nicht zu finden.

vorhandene, eingesetzte Menge der Uranerze. Die Nukleartechnik erhöht also bei Berücksichtigung dieses Umstandes die Radioaktivität der Erde auf lange Zeit nicht. Voraussetzung ist ein naturgesetzlich wirkender Einschluss für die radioaktiven Abfälle in Barrieren, die einen Transport durch Wasser im Erdreich verhindern. Die Ablagerung von radioaktiven Abfällen ist, richtig ausgeführt, keine ernsthafte Gefahr für die Nachwelt.

Entscheidungen über die endgültige Form der Ablagerung brauchen nicht in der nächsten Zeit getroffen zu werden. Für Zeiträume von etwa 30 bis 100 Jahren ist eine ungefährliche oberirdische Lagerung in Abschirmbehältern mit dicken Stahlwänden durchführbar.

Der überwiegende Teil der Energie wird als Wärme für Industrie und Haushalt sowie als Treibstoff verwendet. Auch für diesen größeren Teil des Energiemarktes ist Kernenergie einsetzbar. Unsere Untersuchungen zeigen, dass die Kernenergie ein universelles Mittel für alle benötigten Energieformen der Wirtschaft darstellt. Insbesondere ist auch die Umformung von fossilen Energierohstoffen, wie zum Beispiel Kohle, mit Kernenergie möglich. Die Emission des Kohlendioxids kann dabei gegenüber den konventionellen Verfahren stark gemindert werden. So kann man sich gut vorstellen, dass die fossilen Energierohstoffe. auch die Kohle, durch diese CO2-verminderten Techniken noch lange als Energierohstoffe auch unter verschärften Umweltbedingungen, verwendet werden können. Eine künftige Wasserstofftechnik lässt sich auf der Basis von nuklearer Wärme und umgewandelten fossilen Energierohstoffen aus heutiger Sicht vergleichsweise am wirtschaftlichsten und günstigsten darstellen.

Ich bemühe mich nun, die mir bekannten Fakten in folgenden Schlussfolgerungen darzustellen:

Kugelbett-Ofen dient in erster Linie der Wärmegewinnung mit hoher Temperatur. Noch wichtiger ist, dass er **kein Meiler** ist, wie alle anderen heutigen Kernkraftwerk, siehe auch 2.3.

Diese Wärme ist, wie Schulten häufig sagte, der größere Teil des Energiebedarfes – jedenfalls in unseren Breiten. Sie ist gewichtiger als die – ebenfalls mögliche – Erzeugung elektrischer Energie. Der Begriff „Ofen“ grenzt das Konzept auch deutlich ab gegen alle heute weltweit betriebenen Kern-Reaktoren, die eigentlich aufs Land versetzte U-Boot-Reaktoren (nach dem US-Admiral Rickover) sind. Sie sind allesamt Meiler, d.h. der Brennstoff wird für einen Abbrandzyklus auf einmal eingebracht. Damit besitzt er zu Anfang ein Klumpenrisiko, das im Lauf des Zyklus abnimmt. Diese Wasser-Reaktoren waren und sind zur Stromerzeugung sehr wirtschaftlich und setzten sich daher durch – weil man das ungeheure Rest-Risiko eines GAU ausblendet und die Endlagerfrage auf den Staat abschiebt.

Das **Rest-Risiko** ist eine euphemistische Umschreibung der wirklichen Verhältnisse, weil es unterstellt, dass es sich um einen vernachlässigbaren Rest handele. Tatsächlich, das haben Tschernobyl und Fukushima gezeigt, belaufen sich die Schäden eines solchen Unfalls auf ca. 50 Milliarden Euro je Reaktor, wenn man die unbewohnbar gewordene Fläche nimmt. Die langzeitlich geschädigten und sofort gestorbenen Menschen sind dabei noch nicht gerechnet. Da es beim Kugelbett-Ofen (KBO) dieses „Rest-Risiko“ nicht gibt, ist er auch **normal versicherbar**.

Die **Brennelemente (BE)** sind, im Gegensatz zu den Stäben herkömmlicher Reaktoren, Kugeln in Tennisball-Größe. Im Inneren enthalten sie die beschichteten Körner aus Spaltmaterial. Sie sind der kritischste und wichtigste Faktor, stellen sie doch in sich jeweils eine Kombination von Wärme-Erzeuger und **Endlager** dar. Das Geheimnis liegt in der

Erfahrungswerte, die bei allen Anlagen und jedem Umgang mit diesem Material genauestens beobachtet werden müssen.

Das **Strahlenschutzgesetz** und die Strahlenschutzverordnung 2019 haben im Wesentlichen nur den Schutz VOR ionisierender Strahlung zum Ziel. Die Sorge FÜR genügend zuträgliche Strahlung fehlt. Auch widmet sich ein grosser Teil der Verordnung und der Anlagen dem Aufzählen von hunderten (Tochter-)Nukliden, also den Quellen. Zur Expositions-Dosis und ihrer heilsamen bis schädlichen Wirkung auf den Menschen findet man dort nur vage Andeutungen. Darum bemühen wir um eine einfache Ergänzung für Fitness-Apps, mit der man auch diesen Faktor zur persönlichen Gesundheit überwachten kann.

Störfall ist ein Begriff, der oft falsch und polemisch gebraucht wird. Die internationale INES-Skala legt in neun Stufen genau fest, ab welchem Schweregrad man von Störfällen sprechen darf. Da die Medien sich daran nicht halten, ist erhebliche Verunsicherung bei den Menschen eingetreten. In Deutschland sind bisher bei allen Wasser-Reaktoren nur zwei echte Störfalle - der niedrigsten Kategorie - eingetreten. Beim KBO konnten keine eintreten, da schon sein Konzept dies ausschließt.

1.3.3 Typen und Generationen der Reaktoren.

In der öffentlichen und wissenschaftlichen Diskussion gehen die Generationsbegriffe durcheinander. Mal wird der HTR zur dritten, mal zur vierten Generation gezählt, mal werden alle Graphit-Gas-Reaktoren zur vierten Generation gerechnet, manchmal auch auf dritte und vierte aufgeteilt. Außerdem gibt es noch die Generation III plus.

Daher erscheint die Generationen-Einteilung nur als erste Hilfe innerhalb von Konzeptfamilien, also Generationen der verschiedenen Wasser-Reaktoren (LWR, SWR, xWR), von

Comparison of important parameters for various existing and planned reactors, Vergleich typischer Kern-Reaktoren nach Physik, Technik, Sicherheit, Wirtschaftlichkeit Stand Mai 2020						
	in operation, proven in Lab, Demo- or Prototypes				Concepts or in development	
Type, Design, Concept	Light water / boiling water		Pebble-Bed, AVR, THTR, HTR-10 HTR-PM		DFR	
Technical Features						
Fuel element	rods	1	pebbles	5	Salt, Lead, So-dium	5
Typical Sizes MWe per core	10 up to 500	3	10 up to 300	2	500 up to 10.000	5
dito in MWth	25 to 1.250	4	25 to 750	2		
Fuel	UO_2	1	UO_2 ThO_2	4		
Fuel element coating, cladding	Zr plus steel	1	SiC and C	4		
Enrichment %	3	1	8 to 93	5		
Moderator	H_2O	3	C	3		
coolant	H_2O	2	He	4		
Max. coolant temperature ^{0}C	285	3	750	5		
Coolant pressure (bar)	70	2	40	4		
Steam ^{0}C/ bar	285 / 70	2	530 / 180	4		
Efficiency %	33	2	40 / 41	4		
Fuel circulation, in the core	kiln	1	oven	4	oven	4

Comparison of important parameters for various existing and planned reactors, Vergleich typischer Kern-Reaktoren nach Physik, Technik, Sicherheit, Wirtschaftlichkeit Stand Mai 2020						
	in operation, proven in Lab, Demo- or Prototypes				Concepts or in development	
Type, Design, Concept	Light water / boiling water		Pebble-Bed, AVR, THTR, HTR-10 HTR-PM		DFR	
Organizational measurements	"2 of 3 rule" for any important actions	5	"2 of 3 rule"	5	"2 of 3 rule"	
Emergency intervention	Human and devices	1	none	5	none	
Safety, general	Mechanical, electrical, human	1	Physics, construction	5	Physics, construction	5
Safety systems, technical, constructional	Control rods Safety injection, standby liquid control, borated water	3	Control rods, shutdown rods	4		
Reactor Protection	Containment	2	PCRV (SBRB)	5		
Emergency core cooling	yes	2	Not needed	5		
High pressure coolant injection	Yes	2	Not needed	5		
Low pressure coolant injection	yes	2	Not needed	5		
Core isolation cooling system	yes	2	Not needed	5		
Auto depressurization	yes	2	Not needed	5		
Depressurization valve	yes	2	Not needed	5		
Standby liquid control	yes	2	Not needed	5		
Hydrogen Management	yes	2	Not needed	5		